昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, July 2015, 58(7): 811 -816 doi:10.16380/j.kcxb.2015.07.014

田间系统调查表明山东省农区烟粉虱优势种为 Q 隐种

李洪冉[1,#], 刘 馨[2,#], 刘小龙[1], 李长友[1], 沈长朋[1], 陶云荔[1], 褚 栋[1,*]

(1. 青岛农业大学农学与植物保护学院, 山东省植物病虫害综合防控重点实验室, 山东青岛 266109;
2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要:【目的】为了揭示山东省农区烟粉虱 *Bemisia tabaci* 隐种的分布情况,对 2013 年 7 -8 月份期间在该省不同农区采集的烟粉虱隐种组成进行了系统调查研究。【方法】在山东省 15 市 22 个地点作物上采集了 69 份烟粉虱样品,利用 mtCOI 基因 PCR-RFLP 方法进行了分子鉴定,并分析了烟粉虱 Q 隐种在不同寄主作物及地理区域内的分布状况。【结果】22 个采集地点中,17 个地点的采集样品全部为烟粉虱 Q 隐种;其他 5 个地点(潍坊、菏泽、泰安、淄博和临沂)的烟粉虱 Q 隐种所占比例均大于 90%, B 隐种比例较低(<10%)。烟粉虱 Q 隐种比例在 5 种寄主(茄子、辣椒、番茄、黄瓜和棉花)种群间以及在山东省东部丘陵、中部山地和西部平原地区间均没有显著差异。【结论】2013 年田间调查发现烟粉虱 Q 隐种在山东各地已广泛取代 B 隐种成为该地区优势种群。

关键词: 烟粉虱; 隐蔽种; 生物入侵; 竞争取代; 山东

中图分类号: Q968 **文献标识码**: A **文章编号**: 0454-6296(2015)07-0811-06

Widespread displacement of the exotic whitefly species *Bemisia tabaci* B by *Bemisia tabaci* Q in fields in Shandong, China

LI Hong-Ran[1,#], LIU Xin[2,#], LIU Xiao-Long[1], LI Chang-You[1], SHEN Chang-Peng[1], TAO Yun-Li[1], CHU Dong[1,*] (1. Key Laboratory of Integrated Crop Pest Management of Shandong Province, College of Agronomy and Plant Protection, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109, China; 2. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract:【Aim】To reveal the distribution and infestation status of *Bemisia tabaci* cryptic species, a systematic and comprehensive survey on its species composition was conducted in Shandong, China.【Methods】Sixty-nine collections of adult whiteflies were sampled from 22 locations distributed in 15 counties in Shandong during July - August, 2013, the cryptic species of the 1 387 individuals was determined based on mitochondrial cytochrome oxidase I (mtCOI) PCR-RFLP method, and the percentages of *B. tabaci* Q on different host plants and in geographical regions were analyzed.【Results】The results showed that the percentage of *B. tabaci* Q was 100% in 17 locations and was >90% in five locations (Weifang, Heze, Tai'an, Zibo, and Linyi), where *B. tabaci* B was found with low percentage (<10%). The average percentages of *B. tabaci* Q did not differ significantly among the populations on the five hosts (eggplant, pepper, cucumber, tomato and cotton) and in the three areas (the western plain region, the eastern hilly region and the central mountains region).【Conclusion】The results indicate that *B. tabaci* Q is predominant in all the investigated locations, suggesting that *B. tabaci* Q has completely displaced *B. tabaci* B in most regions of Shandong, China.

Key words: *Bemisia tabaci*; cryptic species; biological invasion; competitive displacement; Shandong

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2012BAD19B06); 青岛农业大学高层次人才基金项目(631212); 青岛市科技发展计划项目(13-1-3-108-nsh); 泰山学者建设工程专项

作者简介: 李洪冉, 男, 1991 年生, 山东济宁人, 硕士研究生, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: lhran1991@sina.com.cn; 刘馨, 女, 1992 年生, 云南宣威人, 硕士研究生, 研究方向为昆虫生理及分子生物学, E-mail: liuxin415@163.com

共同第一作者 Authors with equal contribution

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: chinachudong@sina.com.cn

收稿日期 Received: 2015-01-20; 接受日期 Accepted: 2015-05-29

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)是一种世界性农业害虫,它能通过刺吸植物汁液、分泌蜜露以及传播植物病毒等方式为害作物,给农业生产造成极大的经济损失(Brown *et al*., 1995; De Barro *et al*., 2000, 2011; Liu *et al*., 2015)。目前研究表明,烟粉虱是一个包含多个隐种的复合种,其中烟粉虱 B 隐种(即 B 型)与 Q 隐种(即 Q 型)是入侵性较强、分布较广的两种(De Barro *et al*., 2011)。在 20 世纪 90 年代中后期,烟粉虱 B 隐种传入中国并在很长一段时期内成为中国农区主要的烟粉虱隐种(罗晨等, 2002; 邱宝利等, 2003)。2003 年在云南昆明一品红植株上首次发现烟粉虱 Q 隐种入侵中国后(Chu *et al*., 2006),在中国多数省份也陆续发现了烟粉虱 Q 隐种(Teng *et al*., 2010; Pan *et al*., 2011; Hu *et al*., 2011; 曹骞等, 2013; 许丽丽等, 2014)。

自 2007 年首次报道山东省发现烟粉虱 Q 隐种以来,随后几年调查表明在一些地区烟粉虱 Q 隐种逐渐取代田间优势烟粉虱 B 隐种,番茄黄化曲叶病毒(TYLCV)也随之扩散暴发成灾(Chu *et al*., 2007, 2010a, 2010b; 苏明明等, 2013)。由于烟粉虱 B 隐种与 Q 隐种在抗药性等方面存在较大差异,因此田间烟粉虱隐种组成的监测对于烟粉虱的控制至关重要(Luo *et al*., 2010; Wang *et al*., 2010)。Chu 等(2010a)对山东省 6 个地点常年定点调查研究发现,烟粉虱 Q 隐种已逐渐取代 B 隐种。然而,在该省其他地区烟粉虱 Q 隐种是否呈现同样的竞争优势尚不明确。为了系统揭示山东省烟粉虱隐种的分布及入侵情况,于 2013 年 7 – 8 月份在该省 15 市(山东省共计 17 个市)22 个地点的作物上采集了 69 份烟粉虱样品,利用基于 mtCOI 的 PCR-RFLP 方法对所有采集的 1 387 头烟粉虱进行了隐种鉴定,并且分析了寄主作物及地理区域对烟粉虱隐种分布的潜在影响。

1 材料与方法

1.1 试虫采集

山东省根据地貌特征可分为西部平原区、中部山地区、东部丘陵区(毛敏康, 1993)。其中,枣庄、菏泽、德州、滨州、聊城、东营、济宁、临沂属于西部平原区(简称西部地区),潍坊、泰安、淄博、莱芜、济南属于中部山地区(简称中部地区),青岛、烟台属于东部丘陵区(简称东部地区)(表 1)。于 2013 年7 – 8 月份在山东省 15 市区 22 个地点的作物(茄子、辣椒、番茄、黄瓜、葎草、豆角、向日葵等)上随机采集了 69 份烟粉虱样品,不同寄主植物每隔一株采集 3 头烟粉虱(来自不同叶片)。每个地点至少采集 30 头成虫作为一份样品(滨州、莱芜和东营地区每地点至少采集 15 头)存放于 95% 乙醇液体中,然后将采集样品做好标记带入实验室进行鉴定,其采集地点、烟粉虱数量及寄主作物如表 1 所示。样品均置于 –20℃低温保存。

1.2 烟粉虱 DNA 提取

烟粉虱的提取方法参照 Frohlich 等(1999)。将单头烟粉虱放于灭菌 PCR 小管中,加入 10 μL 含蛋白酶 K 的裂解液,用灭菌封口枪头充分研磨匀浆,再吸取 20 μL 裂解液清洗封口枪头 1 次,最后定容到 50 μL。将提取液放于 65℃ 金属浴 15 min,然后 95℃ 10 min 以灭活蛋白酶 K,即得到烟粉虱基因组 DNA。放置 –20℃保存备用。

1.3 基于 mtCOI 基因的烟粉虱隐种鉴定

使用 mtCOI 的 PCR-RFLP 方法对山东省烟粉虱隐种快速鉴定(Chu *et al*., 2012a)。以烟粉虱基因组 DNA 为模板进行 PCR 扩增。其中,反应体系:PCR 缓冲液 1.3 μL,dNTPs(10 mmol/L)0.26 μL,上、下游引物(20 μmol/L)均为 0.26 μL, DNA 模板为 2 μL, Taq 酶 0.13 μL,无菌纯水为 9.3 μL。所用引物为 Cl-J-2195(5′-TTBATTTTTTGGTCATCCAGAAGT-3′)和 R-BQ-2819(5′-CTGAATATCGRCGAGGCATTCC-3′)(Chu *et al*., 2010b)。扩增程序:94℃ 预变性 2 min; 94℃ 30 s, 52℃ 1 min,72℃ 1 min,35 个循环;72℃ 延伸 5 min。每次 PCR 过程都以已知烟粉虱 B 和 Q 隐种 DNA 作为阳性对照,以水作为阴性对照。烟粉虱 mtCOI 片段扩增产物利用 *Vsp* I 酶进行酶切,酶切后用 1.0% 的琼脂糖凝胶电泳分离,EB 染色后在凝胶成像系统上观察并记录结果。

1.4 数据分析

利用 SPSS 19.0 (SPSS for Windows Version 19.0, SPSS Inc., USA)软件对试验数据进行统计分析。以 One-way ANOVA 方法对烟粉虱 Q 隐种在不同地理区域以及不同寄主植物(主要包括茄子、辣椒、黄瓜、番茄与棉花)上的比例进行了显著性分析。

2 结果

2.1 山东省各地烟粉虱 B 与 Q 隐种比例

通过烟粉虱 mtCOI 基因扩增分析发现,所有检测的 1 387 头烟粉虱中只检测到烟粉虱 B 隐种和 Q 隐种,其中烟粉虱 B 隐种仅检测到 9 头。在所有 22 个采集地点中(表 1),仅在潍坊(WF1)、菏泽(HZ)、

表 1　山东省各地烟粉虱采样信息

Table 1　Collecting information of *Bemisia tabaci* individuals in Shandong, China in 2013

采集地点 Sampling location	样品地点代码 Location code	寄主作物 Host plant	烟粉虱个数 Number of individuals	不同隐种个体数量 Number of individuals for each cryptic species	
				B	Q
西部地区 Western region					
枣庄 Zaozhuang	ZZ	茄子，辣椒，黄瓜，萝卜 Eggplant, pepper, cucumber, radish	114	0	114
菏泽 Heze	HZ	茄子，辣椒，番茄，黄瓜，大豆 Eggplant, pepper, tomato, cucumber, soybean	98	1	97
德州 Dezhou	DZ1	棉花，茄子 Cotton, eggplant	31	0	31
	DZ2	棉花，茄子，番茄 Cotton, eggplant, tomato	95	0	95
滨州 Binzhou	BZ	萝卜，葎草 Radish, Japanese hop	17	0	17
聊城 Liaocheng	LC	茄子，辣椒，棉花，黄瓜 Eggplant, pepper, cotton, cucumber	100	0	100
东营 Dongying	DY	辣椒 Pepper	18	0	18
济宁 Jining	JNing	茄子，番茄，南瓜 Eggplant, tomato, pumpkin	50	0	50
临沂 Linyi	LY	茄子，辣椒，萝卜，大豆 Eggplant, pepper, radish, soybean	98	1	97
中部地区 Central region					
潍坊 Weifang	WF1	茄子，辣椒 Eggplant, pepper	47	2	45
	WF2	棉花，芸豆，茄子 Cotton, kidney bean, eggplant	32	0	32
	WF3	黄瓜，向日葵，茄子 Cucumber, sunflower, eggplant	93	0	93
	WF4	茄子，辣椒，黄瓜，番茄 Eggplant, pepper, cucumber, tomato	69	0	69
泰安 Tai'an	TA	辣椒，茄子，黄瓜 Pepper, eggplant, cucumber	59	4	55
淄博 Zibo	ZB	茄子，辣椒，棉花，葎草 Eggplant, pepper, cotton, Japanese hop	80	1	79
莱芜 Laiwu	LW	茄子，黄瓜 Eggplant, cucumber	23	0	23
济南 Jinan	JNan	茄子，辣椒，葎草 Eggplant, pepper, Japanese hop	52	0	52
东部地区 Eastern region					
烟台 Yantai	YT1	茄子，番茄，黄瓜，芸豆 Eggplant, tomato, cucumber, kidney bean	63	0	63
	YT2	茄子，番茄，黄瓜，大豆 Eggplant, tomato, cucumber, soybean	63	0	63
青岛 Qingdao	QD1	茄子，辣椒，番茄 Eggplant, pepper, tomato	111	0	111
	QD2	茄子，番茄，萝卜 Eggplant, tomato, radish	36	0	36
	QD3	茄子，黄瓜，萝卜 Eggplant, cucumber, radish	38	0	38
合计 Total			1 387	9	1 378

泰安(TA)、淄博(ZB)和临沂(LY)5 个地区发现少量的烟粉虱 B 隐种(比例 < 10%),其他 17 个采集地全部为 Q 隐种(图 1)。

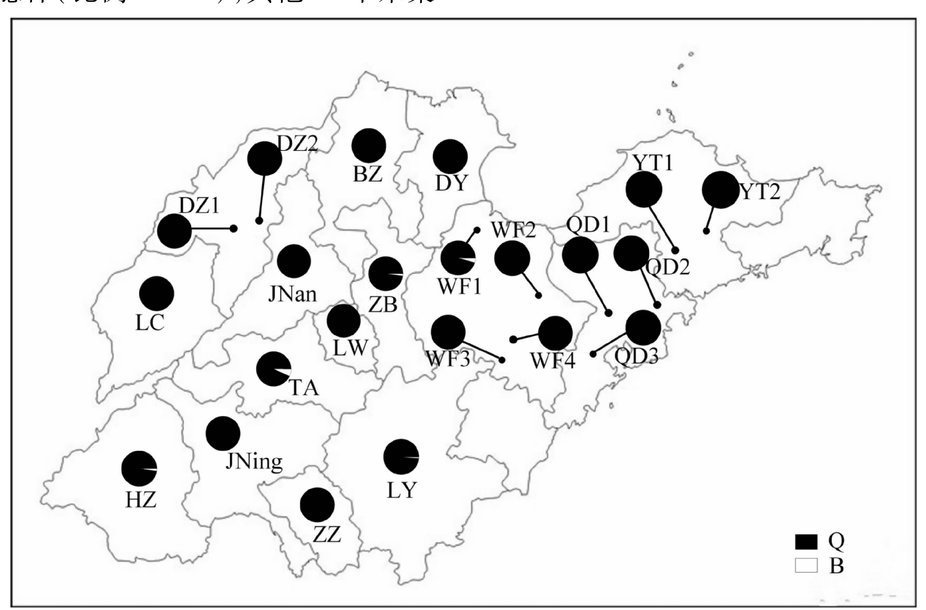


图 1　山东省各地烟粉虱 B 与 Q 隐种地理分布及其组成

Fig. 1　Geographical distribution and composition of *Bemisia tabaci* B and Q in Shandong, China

样品地点代码见表 1; 底图来源于 http://d-maps.com/m/asia/china/shandong/shandong50.gif。Location codes are provided in Table 1. Base map roots in http://d-maps.com/m/asia/china/shandong/shandong50.gif.

2.2　不同寄主作物上烟粉虱 Q 隐种的比例

所有采集的寄主作物主要是茄子、辣椒、黄瓜、番茄与棉花。烟粉虱 Q 隐种在茄子(共 395 头)、辣椒(共 213 头)、黄瓜(共 142 头)、番茄(共 145 头)和棉花(共 108 头)等种群中,其平均检出率分别为 99.75%, 99.53%, 96.67%, 100% 和 97.50%。使用单因素方差分析显示(图 2),烟粉虱 Q 隐种在 5 种主要寄主作物上的检出比例没有显著性差异($P > 0.05$)。

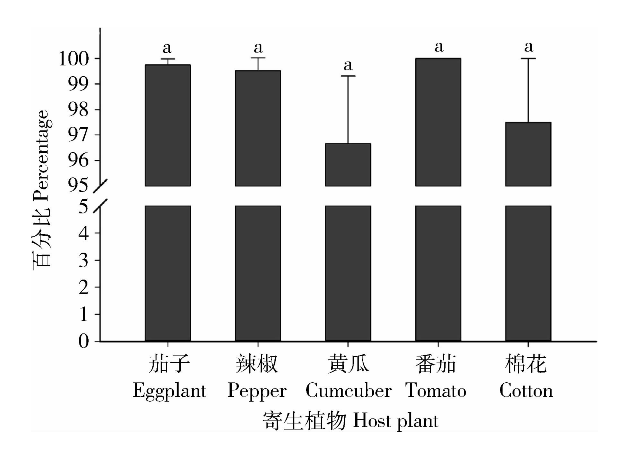


图 2　山东省不同寄主作物上烟粉虱 Q 隐种所占比例

Fig. 2　Percentage of *Bemisia tabaci* Q on different host plants in Shandong, China

图中数据表示平均值 ± 标准误,柱上相同字母表示各寄主之间差异不显著(LSD 检验,$P > 0.05$)。Data in the figure are means ± *SE*, and means followed by the same letter are not significantly different (LSD test, $P > 0.05$).

2.3　不同地理区域烟粉虱 Q 隐种比例

烟粉虱 Q 隐种在山东省西部平原区(619 头)、中部山地区(48 头)、东部丘陵区(311 头)的检出率分别为 99.67%, 98.48% 和 100%。使用单因素方差分析显示(图 3),烟粉虱 Q 隐种在 3 种不同地理区域的检出率也没有显著性差异($P > 0.05$)。

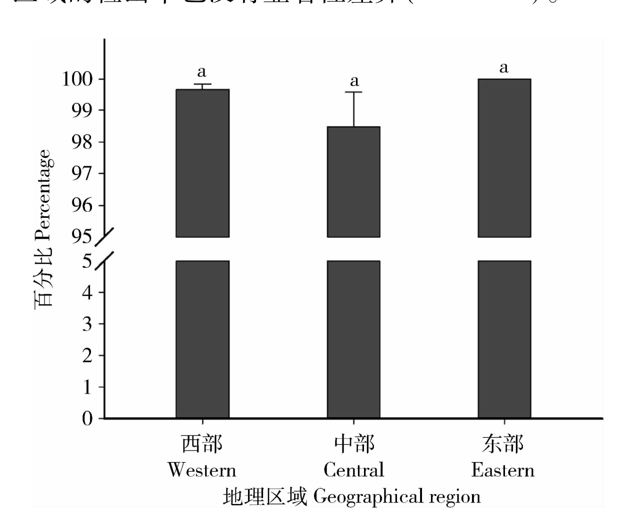


图 3　山东省不同地理区域烟粉虱 Q 隐种所占比例

Fig. 3　Percentage of *Bemisia tabaci* Q in different geographical regions in Shandong, China

图中数据表示平均值 ± 标准误,柱上相同字母表示各地理区域之间差异不显著(LSD 检验,$P > 0.05$)。Data in the figure are means ± *SE*, and means followed by the same letter are not significantly different (LSD test, $P > 0.05$).

3 结论与讨论

在 2005－2008 年期间，在山东省德州、淄博、寿光、济南、聊城、临沂及枣庄地区烟粉虱 Q 隐种逐渐取代 B 隐种（Chu *et al*., 2010a, 2010b）。截止 2008 年，寿光、淄博和临沂地区烟粉虱 Q 隐种已完全取代 B 隐种。然而，本研究发现在淄博（1.3%）和临沂（1.0%）地区仍能检测到少量 B 隐种的存在。我们推测出现这一现象的原因可能是调查取样方法或者烟粉虱 B 隐种从其他地区再次传入所致。从全省调查数据来看，本研究在所有采集的 1 387 头烟粉虱中仅检测到 9 头烟粉虱 B 隐种，尽管我们调查中取样点数量和取样量存在不足之处，但是这些结果表明山东省烟粉虱 Q 隐种已广泛取代 B 隐种而成为田间优势种群。该结果对于山东省田间烟粉虱的防控具有重要参考意义。

本研究发现烟粉虱 Q 隐种在山东省的检出率与寄主植物和地理区域均无关。而前人研究发现，相对于烟粉虱 B 隐种，Q 隐种具有较强的寄主适应性且寄主谱广，这有利于 Q 隐种种群的建立与暴发（Nombela *et al*., 2001；Iida *et al*., 2009；Tsueda and Tsuchida, 2011；Chu *et al*., 2012b, 2012c；Liu *et al*., 2012）。2 个隐种在不同寄主植物上的繁殖力具有较大的差异，最终影响 B 和 Q 隐种间的竞争取代（Iida *et al*., 2009；Xu *et al*., 2011；Liu *et al*., 2012）。另外，Zhang 等（2014）通过对辽宁省烟粉虱的分布调查研究发现，烟粉虱 Q 隐种在西部山区和中部平原区的比例显著高于东部山区。这表明寄主植物、不同的地理区域可能是影响烟粉虱不同隐种分布的重要因素。而本研究中烟粉虱 Q 隐种检出率与寄主植物、地理区域没有相关性，这也可能与该地区烟粉虱 Q 隐种的入侵阶段有关。

到目前为止，烟粉虱 B 与 Q 隐种的竞争取代机制尚不明确，研究发现由于烟粉虱 Q 隐种具有较强的抗药性，田间大量化学农药的广泛使用可能有利于田间烟粉虱 Q 隐种将 B 隐种取代（Horowitz *et al*., 2005；Luo *et al*., 2010；Wang *et al*., 2010）。Sun 等（2013）在室内验证了在没有农药使用的条件下，在棉花上烟粉虱 B 隐种可在 5 个世代内取代 Q 隐种；而在使用农药（吡虫啉）的条件下，Q 隐种却可在数代内将 B 隐种取代，并且所使用农药的浓度越高，竞争取代速度越快。另外，烟粉虱 Q 隐种相对于 B 隐种具有更强的耐高温性，这种优势可能更加有利于烟粉虱 Q 隐种的入侵扩散（Mahadav *et al*., 2009）。

致谢　在样品采集过程中得到青岛农业大学农学与植物保护学院黄文杰、朱智梅等同学的帮助，在此表示感谢。

参考文献（References）

Brown JK, Frohlich DR, Rosell RC, 1995. The sweet potato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex. *Annu. Rev. Entomol*., 40: 511－534.

Cao Q, Li J, Mairemuguli K, Wang HQ, Li GZ, Ma DY, 2013. Biotype distribution and infection status of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Xinjiang, northwestern China. *Acta Entomologica Sinica*, 56(6): 652－664. [曹骞，李晶，买热木古丽·克依木，王慧卿，李国志，马德英，2013. 新疆地区烟粉虱生物型的区域分布及其携带的番茄黄化曲叶病毒检测. 昆虫学报，56(6): 652－664]

Chu D, Hu XS, Gao CS, Zhao HY, Nichols RL, Li XC, 2012a. Use of mtCOI PCR-RFLP for identifying subclades of *Bemisia tabaci* Mediterranean group. *J. Econ. Entomol*., 105: 242－251.

Chu D, Jiang T, Liu GX, Jiang DF, Tao YL, Fan ZX, Zhou HX, Bi YP, 2007. Biotype status and distribution of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Shandong Province of China based on mitochondrial DNA markers. *Environ. Entomol*., 36: 1290－1295.

Chu D, Tao YL, Chi H, 2012b. Influence of plant combinations on population characteristics of *Bemisia tabaci* biotypes B and Q. *J. Econ. Entomol*., 105: 930－935.

Chu D, Tao YL, Zhang YJ, Wan FH, Brown JK, 2012c. Effects of host, temperature and relative humidity on competitive displacement of two invasive *Bemisia tabaci* biotypes Q and B. *Insect Sci*., 19: 595－603.

Chu D, Wan FH, Zhang YJ, Brown JK, 2010a. Change in the biotype composition of *Bemisia tabaci* in Shandong Province of China from 2005 to 2008. *Environ. Entomol*., 39: 1028－1036.

Chu D, Zhang YJ, Brown JK, Cong B, Xu BY, Wu QJ, Zhu GR, 2006. The introduction of the exotic Q biotype of *Bemisia tabaci* (Gennadius) from the Mediterranean region into China on ornamental crops. *FLa. Entomol*., 89: 168－174.

Chu D, Zhang YJ, Wan FH, 2010b. Cryptic invasion of the exotic *Bemisia tabaci* biotype Q occurred widespread in Shandong Province of China. *FLa. Entomol*., 93: 203－207.

De Barro PJ, Driver F, Trueman JWH, Curran J, 2000. Phylogenetic relationships of world populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) using ribosomal ITS1. *Mol. Phyl. Evol*., 16: 29－36.

De Barro PJ, Liu SS, Boykin LM, Dinsdale AB, 2011. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. *Annu. Rev. Entomol*., 56: 1－19.

Frohlich DR, Torres-Jerez I, Bedford ID, Markham PG, Brown JK, 1999. A phylogeographical analysis of the *Bemisia tabaci* species complex based on mitochondrial DNA markers. *Mol. Ecol*., 8: 1683－1691.

Horowitz AR, Kontsedalov S, Khasdan V, Ishaaya I, 2005. Biotypes B

and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, 58: 216 –225.

Hu J, De Barro PJ, Zhao H, Wang J, Nardi F, Liu SS, 2011. An extensive field survey combined with phylogenetic analysis reveals rapid and widespread invasion of two alien whiteflies in China. *PLoS ONE*, 6: e16061.

Iida H, Kitamura T, Honda K, 2009. Comparison of egg-hatching rate, survival rate and development time of the immature stage between B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) on various agricultural crops. *Appl. Entomol. Zool.*, 44: 267 –273.

Liu BM, Yan FM, Chu D, Pan HP, Jiao XG, Xie W, Wu QJ, Wang SL, Xu BY, Zhou XG, Zhang YJ, 2012. Differences in feeding behaviors of two invasive whiteflies on plants with differential suitability: implication for competitive displacement. *Int. J. Biol. Sci.*, 8: 697 –706.

Liu TX, Stansly PA, Gerling D, 2015. Whitefly parasitoids: distribution, life history, bionomics, and utilization. *Annu. Rev. Entomol.*, 60: 273 –292.

Luo C, Jones CM, Devone G, Zhang F, Denholm I, Gorman K, 2010. Insecticide-resistance in *Bemisia tabaci* biotype-Q from China. *Crop Prot.*, 29: 429 –434.

Luo C, Yao Y, Wang RJ, Yan FM, Hu DX, Zhang ZL, 2002. The use of mitochondrial cytochrome oxidase I (mtCOI) gene sequences for the identification of biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in China. *Acta Entomologica Sinica*, 45(6): 759 –763. [罗晨, 姚远, 王戎疆, 阎凤鸣, 胡敦孝, 张芝利, 2002. 利用 mtDNA COI 基因序列鉴定我国烟粉虱的生物型. 昆虫学报, 45(6): 759 –763]

Mahadav A, Kontsedalov S, Czosnek H, Ghanim M, 2009. Thermotolerance and gene expression following heat stress in the whitefly *Bemisia tabaci* B and Q biotypes. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 39: 668 –676.

Mao MK, 1993. A study on regional structure of landforms in Shandong Province. *Scientia Geographica Sinica*, 13(1): 26 –33. [毛敏康, 1993. 试论山东省地貌区域结构. 地理科学, 13(1): 26 –33]

Nombela G, Beitia F, Muniz M, 2001. A differential interaction study of *Bemisia tabaci* Q biotype on commercial tomato varieties with or without the *Miresistance* gene and comparative host responses with the B-biotype. *Entomol. Exp. Appl.*, 98: 339 –344.

Pan HP, Chu D, Ge DQ, Wang SL, Wu QJ, Xie W, Jiao XG, Liu BM, Yang X, Yang N, Su Q, Xu BY, Zhang YJ, 2011. Further spread of and domination by *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyroclidae) biotype Q on field crops in China. *J. Econ. Entomol.*, 104: 978 –985.

Qiu BL, Ren SX, Wen SY, Mandour NS, 2003. Biotype identification of the populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in China using RAPD-PCR. *Acta Entomologica Sinica*, 46(5): 605 –608. [邱宝利, 任顺祥, 温硕洋, Mandour NS, 2003. 利用 RAPD-PCR 方法鉴定我国烟粉虱的生物型. 昆虫学报, 46(5): 605 –608]

Su MM, Tao YL, Li J, Chu D, 2013. *Tomato yellow leaf crul virus* has been introduced in Shandong Province since 2006 based on the detection of the virus within vector whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Journal of Biosafety*, 22(3): 206 –211. [苏明明, 陶云荔, 李洁, 褚栋, 2013. 烟粉虱携带番茄黄化曲叶病毒检测及其传入山东省的考证. 生物安全学报, 22(3): 206 –211]

Sun DB, Liu YQ, Qin L, Xu J, Li FF, Liu SS, 2013. Competitive displacement between two invasive whiteflies: insecticide application and host plant effects. *Bull. Entomol. Res.*, 103: 344 –353.

Teng X, Wan FH, Chu D, 2010. *Bemisia tabaci* biotype Q dominates other biotypes across China. *FLa. Entomol.*, 93: 363 –368.

Tsueda H, Tsuchida K, 2011. Reproductive differences between Q and B whiteflies, *Bemisia tabaci*, on three host plants and negative interactions in mixed cohorts. *Entomol. Exp. Appl.*, 141: 197 –207.

Wang ZY, Yan HF, Yang YH, Wu YD, 2010. Biotype and insecticide resistance status of the whitefly *Bemisia tabaci* from China. *Pest Manag. Sci.*, 66: 1360 –1366.

Xu J, Lin KK, Liu SS, 2011. Performance on different host plants of an alien and an indigenous *Bemisia tabaci* from China. *J. Appl. Entomol.*, 135: 771 –779.

Xu LL, Cai L, Shen WJ, Du YZ, 2014. Biotypes and phylogenetic analysis of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 25(4): 1137 –1144. [许丽丽, 蔡力, 沈伟江, 杜予州, 2014. 中国部分地区烟粉虱生物型种类及系统发育关系分析. 应用生态学报, 25(4): 1137 –1144]

Zhang WM, Fu HB, Wang WH, Piao CS, Tao YL, Guo D, Chu D, 2014. Rapid spread of a recently introduced virus (tomato yellow leaf curl virus) and its vector *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Liaoning Province, China. *J. Econ. Entomol.*, 107(1): 98 –104.

(责任编辑: 袁德成)